Vol.2020-CE-153 No.1
2020/2/15

Scratch を用いたトレインシミュレーターで PISA 型学力「数学的リテラシー」を育む

公文　英斗[*1]　内藤　優樹[*2]　山本　樹[*3]　上出 吉則[*4]

概要：本研究は，算数数学教育上の課題に対して，Scratch で作成したプログラミング創作教材を用いることが有効な手段であることを示すのがねらいである．筆者らは CE139 では「関数の座標」，SSS2017 では「図形の回転移動」，SSS2018 では「速さの問題」の単元で実践授業をおこない，その効果の検証を進めた．今回は，Scratch で作成した創作教材の「トレインシミュレーター」を用いて OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上を目標とした.「速さの問題」で速さと時間が反比例する学習過程において，数学の知識や技能を実生活の様々な場面で直面する課題に活用する「数学化サイクル」の理解についての効果の検証を目標とした.
実践授業の結果，授業前と授業後の択一式アンケート結果，上述の項目で統計的検定解析の結果から有意差が示された．また「数学の勉強は楽しいですか」という質問項目について，48.3%から 90.8%に上昇し国際平均を上回る結果が得られた．さらに，記述式アンケートも同様の結果が読み取れる結果となった．したがって,「トレインシミュレーター」を用いて OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上の可能性が高まるとの結論に至った.

キーワード：Scratch，速さの問題，トレインシミュレーター，反比例，OECD/PISA，数学的リテラシー

Bring up PISA-type academic literacy "mathematical literacy" with a train simulator using Scratch

KUMON Hideto[*1]，NAITOU Yuuki[*2]，YAMAMOTO Itsuki[*3]，UEDE Yoshinori[*4]

The purpose of this study is to show that using programming creative materials created with Scratch is an effective means for solving problems in mathematics education. The aim is to improve the academic ability of OECD / PISA "Mathematical literacy" using "Train Simulator", a creative teaching material created by Scratch. The results of the practical lessons, the results of the questionnaire before and after the lessons, and the statistical test analysis of the above items showed significant differences. In addition, the same results can be read in the descriptive questionnaire. Therefore, it was concluded that it was possible to improve the academic ability of "Mathematical Literacy" of OECD / PISA using "Train Simulator".

Keywords: Scratch，Train Simulator，OECD / PISA ，Mathematical literacy，Mathematics education

1. 研究の経緯

1.1 問題の所在

OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」とは，算数・数学の教科書でどれだけ知識を覚えたかではなく，知識や技能を実生活の様々な場面で直面する課題に活用することが目標とされている．日常の事象を数理的に捉え，数学的に表現し，問題を解決するだけではなく，数学的な表現を用いて筋道立てて説明する力が評価される．

それを受けて，今回の新学習指導要領において，事象を数理的に捉え，算数の問題を見出し，問題を自律的，協働的に解決する過程を遂行する数学的活動を生かした指導の充実の必要性が示されている．

これは，未来に向かう生徒にとって最優先の課題でありソサイエティ 5.0 の社会に向けて必要不可欠な学習内容と言える．ところが，今までの伝統的な算数数学教育は知識理解偏重型で，OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」のような視点に欠けていたと言わざるを得ない．

その原因を筆者らは，ICT の整備の遅れが原因のひとつと考えている．OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」のような学力の育成のためには ICT の支援が不可欠であるが，教育行政全体として事態を楽観視して ICT 教材の整備が遅れているのが現状と思われる．現実問題として，小学校や中学校において全ての学校で電子黒板が導入されていいない．また，デジタル教科書の導入も遅れている地域が多く存在する．

そこで，本研究は，ICT を用いることで OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」のような学力の育成が可能になることを実践例で示すことにする．

Scratch を用いたプログラミング教材を活用し，「速さの問題」で速さと時間が反比例する学習過程において数学の知識や技能を実生活の様々な場面で直面する課題に活用する「数学化サイクル」の実践を目標とした．

*1 大阪教育大学
Osaka Kyoiku University
*2 大阪教育大学
Osaka Kyoiku University
*3 堺市立三国丘中学校
Sakai City Mikunigaoka Junior High School
*4 大阪教育大学
Osaka Kyoiku University

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan

2. 研究目的と研究方法

2.1 研究目的

本研究では，小学校の算数と中学校の数学での指導内容としての「反比例」の単元で，Scratch を用いたプログラミング創作教材の「トレインシュミレーター」の動画を用いて，未来の学力の指標としての OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上に取り組む独自の手法を考案することとした．

まず，文献研究から OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」で「数学化サイクル」と「数学的モデリング」の枠組みは，ほぼ同義であることを明らかにする．

次に，Scratch を用いたプログラミング創作教材の「トレインシミュレーター」を制作した．上述の「トレインシミュレーター」を用いて中学校で実践授業をおこない，授業前，授業後にそれぞれアンケートを実施する．その結果から「トレインシミュレーター」を数学の授業で使用した場合での OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学習効果を明らかにすることを研究目的とした．

なお，今回の「数学的モデリング」の評価は，定量的なデータ分析にそぐわない面があるので，定性的な生徒の自己評価記述から評価を読み取る形式とした．

ここで，本研究の具体的な項目を列挙する．

1 では，研究の経緯．
2 では，研究目的と研究方法．
3 では，先行研究の調査．
4 では，教材研究として教材制作過程の概要．
5 では，実践授業として実際の授業で「トレインシミュレーター」教材を使用した実施状況を述べる．
6 では，実践授業の検証と知見を整理する．
7 では，まとめとして研究目的に対する結果を述べる．

2.2 研究方法

まず，「速さの問題」の中で，距離が一定の場合に速さと時間が反比例する場合を題材として Scratch を用いたプログラミング創作教材「トレインシミュレーター」を使用した．次に「速さの問題」で「トレインシミュレーター」を用いる場合の学習指導案を作成し，授業の流れを構成した．シミュレーションの動画を駆使することで，「速さの問題」の学習において ICT でなければできないような授業の構築を目標とする．

実際の授業では「トレインシミュレーター」を運用し，学習指導案に従ってアクティブラーニング形式で授業を進めた．実践授業の評価については，事前事後アンケートの比較をおこなうこととした．さらに，「生徒の授業後の自己評価」の記述部分を用いた．

本研究の評価項目として，OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」で，とりわけ「数学的モデリング」を参考指標として用いることとした．その評価項目を以下に示す．

①その事象に光を当てるように，数学的問題に定式化する(定式化).

②定式化した問題を解く(数学的作業).

③得られた数学的結果をもとの事象と関連づけて，その有効さを検討し，評価する(解釈，評価).

④問題のより進んだ定式化をはかる(より良いモデル化) .

上述の評価項目に対して，「生徒の授業後の自己評価記述」を項目別に分類し，その結果から「トレインシミュレーター」を教員が授業で使用する場合の「数学的モデリング」の成果を調べ，「数学的リテラシー」の学習効果を明らかにする．

3. 先行研究の調査

3.1 OECD の PISA 調査について

清水[1]によると，「『経済協力開発機構』（以下 OECD と略記）による『生徒の学習到達度国際調査』（以下 PISA と略記）は，義務教育終了段階での生徒の学習到達度を国際比較し，教育政策に反映させるための事業である．」

また OECD/PISA 調査の特徴については，「OECD/PISA では，教育の営みのアウトプットの水準を明らかにするねらいから，児童・生徒が学校で学ぶ知識や技能の定着の程度よりも，そのような知識や技能が実生活の様々な場面で活かせるようになっているかどうかに焦点を当てて評価を行う．」このように調査の目的そのものが，従来のわが国で実施されてきた「知識や技能の定着」を優先する授業とは一線を画していることがわかる．

3.2 OECD/PISA 調査による数学的リテラシーの定義

2015 年の OECD/PISA 調査による数学的リテラシーの定義[2]は，次のような記述がある．

「数学的リテラシーとは，様々な文脈の中で数学的に定式化し，数学を活用し，解釈する個人の能力のことである．それには，数学的に推論することや，数学的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し，説明し予測することを含む．この能力は，個人が現実世界において数学が果たす役割を認識したり，建設的で積極的，思慮深い市民に求められる，十分な根拠に基づく判断や意思決定をしたりする助けとなるものである．」

このように，数学の学力観に影響を及ぼす定義を行っていることが興味深い．

3.3 文部科学省の OECD/PISA 調査の扱い

文部科学省 2015 調査のパンフレット[3]には「PISA 調査の枠組みも参考にしながら，OECD との政策対話を通じて国際的にも共有されています． このように，次期学習指導要領の理念の実現に向けて，PISA 調査の結果をしっかりと検討し，教育政策や教育実践の改善・充実にいかすことが重要となっています．」と述べられており，文部科学省においては OECD/PISA 調査を国際的な学力の基準と捉え，将来の政策決定に活用する姿勢が見られる．

3.4 OECD/PISA の「数学化サイクル」の枠組み

「数学的リテラシー」とは，様々な文脈の中で数学的に定式化し，数学を活用し，解釈する個人の能力のことである．その象徴的な考えとして「数学化サイクル」がある．

図 1 は「数学化サイクル」の概念図[4]である．

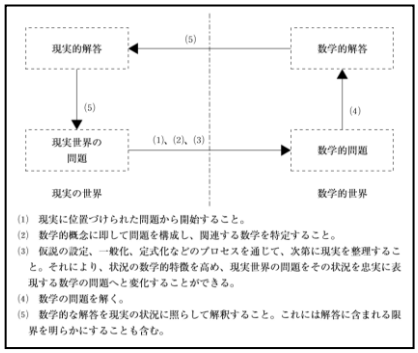


図 1（「数学化サイクル」）

3.5 「数学化サイクル」と「数学的モデリング」

岩田[5]は数学の授業について「数学的モデリング」と「数学化サイクル」という視点から比較検討し，ほぼ同じ概念であることを示している．そこで，本研究においては，岩田の論点に立脚し「数学化サイクル」を「数学的モデリング」という視点から評価をおこなうこととする．

3.6 OECD/PISA 調査での「速さ」を扱った問題 1

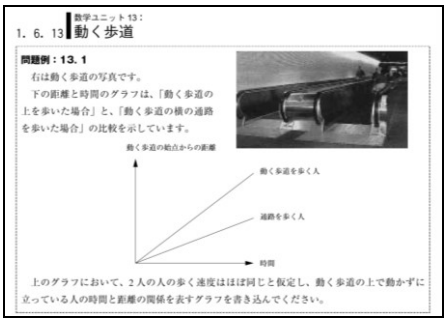


図 2（PISA 調査問題，反応時間）

図 2 の問題は，実際の OECD/PISA 調査で使用された，動く歩道を使ったグラフを読み取る問題である[4]．このように PISA 調査問題では，15 歳の生徒にとってより身近であると思われるような，その他の類似の現象を思い出させる．このように，現実に位置づけられた問題を数学的に定式化し，数学を活用し，解釈する．そして，数学的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し，説明し予測する「数学化サイクル」が示されている．

3.7 OECD/PISA 調査での「速さ」を扱った問題 2

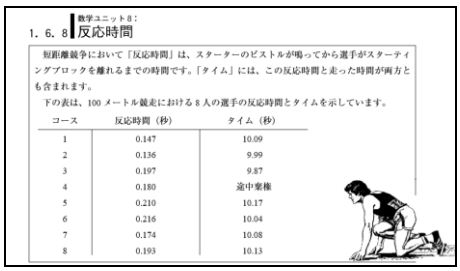


図 3（PISA 調査問題，反応時間）

図 3 の問題は，実際の OECD/PISA 調査で使用された問題の例である[4]．短距離競争における反応時間とタイムの関係という日常的な事象を数学的に推論し，言葉で表現することが求められている．このように実際の出題された問題から「数学化サイクル」の適用される状況が具体的に示されている．

3.8 PISA 調査を元にしたモデリング調査問題

図 4 の問題は 2000 年に実施された PISA 調査の問題の 1 つである「レーシングカーの速度に関する問題」である．塚原は図 4 の問題を参考にし，ロボットの動作とグラフの関連づけを意識したモデリング調査問題を開発した[6]．開発した調査問題を用いて，埼玉県内国立大学教育学部の学生 34 名を対象として，ICTs を利用した数学実験授業の前後に調査を実施した．そして，モデリング調査問題の学生らの回答を集計した．その結果，ロボットの動作と A-D グラフを関連づけるために，ICTs を利用した数学実験授業が効果的であることが分かった．

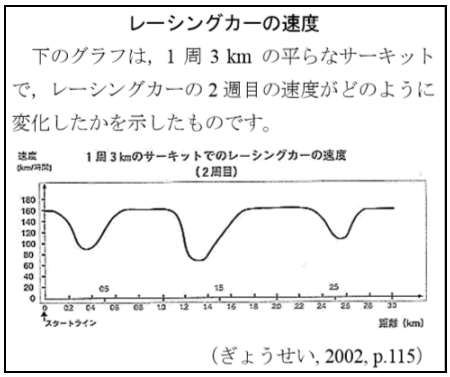


図 4（PISA 調査問題，レーシングカー）

3.9 自作教材を用いた速さの実践例

図 5 は，西分の研究である[7]．西分は「身近なものの速さを計算しよう」において投げたボールがどのくらいの距離を，どの程度の時間で進んだのか確認できる教材動画や電子黒板を用いることでどのような効果がみられたのかが述べられていた．視覚的にイメージがしやすかったことや体験型学習により，速さに苦手意識を持っていた生徒が意欲的に取り組む様子が見られた．

自作教材や電子黒板などの ICT を活用することは学習意欲の向上，苦手意識の改善，計算式の意味の理解に有効であることが分かった．

図 5（ICT を活用した自作教材実践例）

4. 教材研究

4.1 中学校数学教科書での速さの問題の扱い（通過算）

原題[8]は，次頁図 6 のように「連立方程式」の領域で，列車の長さと時速を求める問題である．しかし，OECD/PISA 調査型の現実事象からの「数学化サイクル」には至っていないのが現状である．抽象化された数の世界のみ扱う計算技能の問題演習となっている．このように，算数教科書は OECD/PISA 調査の学力型に至っていないのが現状である．

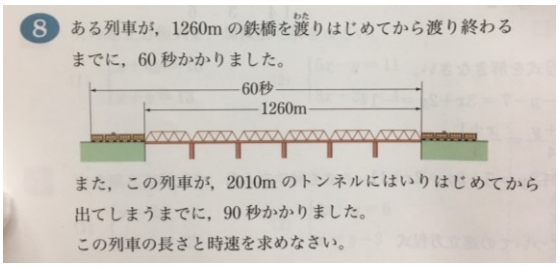


図 6（通過算の方程式としての教科書教材）

4.2 Scratch について

我々の一連の研究は，種々あるプログラミングソフトの中から，生徒がプログラミングに取り組むことを考慮し Scratch の活用を試みた．

これまでの数学教育では「数学の概念」を，学校で教員が作成した動画で説明するということは一般的ではなかった．そこで，我々は「数学の概念」に対応する新発想の動画のプログラミングを，従来の算数数学教育では不可能な教育目標の達成を主眼として学校で教員や生徒らが，Scratch を用いておこなうこととした．

4.3 トレインシミュレーターについて

今回は，「トレインシミュレーター」を作業環境として Scratch2.0 上でプログラミングをおこない，実際の電車が通過する場面を設定することにした．実際の場面では背景の設定が必要となるが，鉄道の軌道上部に橋梁構造物がある場合は,電車と橋梁構造物が重なり視認が困難となった．

橋梁構造物が軌道下部となる橋梁を全国の鉄道から捜索したところ，福島県喜多方市山都町の「一ノ戸川橋梁」（いちのとがわきょうりょう）が候補となった．上路式トラス橋は車両への展望を遮るものがなく，非電化区間のため架線柱もなく最適であることがわかった．

そこに，4 両編成の電車を走らせる動画を作成して生徒に意見を求めたところ，「現実感があってよい.」との評価であったが，実際には起こりえない設定である．

また，「通過秒数 1」は，鉄橋を渡り始めてから渡り終えるまでの通過時間を示し，「通過秒数 2」は，鉄橋を渡り始めてから画面右端に達するまでの経過時間を示している．列車が鉄橋を渡り始めてから渡り終えるまでの時間を焦点化するために通過秒数を 2 種類に分けて表示している．

4.4 「トレインシミュレーター」の動画写真

図 7 に連続静止画のスクリーンショットを示し，実際に Scratch プログラムが動作している状況を示す．

図 7（連続静止画のスクリーンショット）

5. 授業実践

5.1 授業実践例

本時は数学と社会のつながりという視点から，電車の速度の問題を扱う．具体的にはトレインシミュレーターを用いることで電車の動きの場面から必要な情報を抽出し，速度と時間が反比例することに生徒自ら気づく．その学びの過程で現実に位置づけられた問題を数学的知識や技能の活用をして解く.そして,数学化した理論を用いた予想から，実際にトレインシミュレーター上で，電車を走らせることで，数学的事象の中ではなく現実的事象に照らし合わすことの数学的な理解をより深め，数学的リテラシーの向上を試みる．

中学校学習指導要領数学の項目としては,「反比例を用いて事象をとらえ説明すること」に該当し「二つの数量の変化や対応について様々な特徴をとらえることができる」という内容を本時の目標としたい．また，本時は小学校での反比例の概念も認めることとする．

5.1.1 授業の概要

(1)対象生徒　堺市立三国丘中学校　第 1 学年
(2)実施内容　関数「反比例の利用」1 時間指導
(3)実施日　　2019 年 12 月 10 日
(4)ICT 環境
・教師用タブレット　1 台
・電子黒板　1 台
(5)数学教育の目標
・本研究においては，電車が橋を渡るという日常の事象を速さの問題として数理的に捉え，反比例を用いて数学的に表現・処理し，問題を解決したり，解決の過程や結果を振り返って考察したりする活動をおこなう．具体的な目標には,「数学的モデリング」を指標として用いることとした．さらに，数学に対する情意面の改善を目標とした．

5.1.2 授業展開および授業の様子

(1) 導入　課題の場面を理解し，速度 50 km/時の場合の通過秒数を知る．（課題把握）

・トレインシミュレーターを用いて電車が鉄橋を通過する様子を見せる．（ICT の活用）．図 8

図 8（課題の把握）

(2) 展開・課題 1　　速度 75 km/時の場合の，通過秒数を答え，理由を考える．（個別思考）

・算数数学の既習事項を思い出して鉄橋を通過する時間（秒数）を求め考え方をワークシートに記入する．

(3) 展開・課題 2　　速度 40 km/時の場合の，通過秒数を答え，理由を考える．（グループ思考）

・班全員で協力して現実事象から情報を抽出する．通過秒数を考え，電車が鉄橋を渡る場合の速度と時間の関係にきまりを見つけ出す．図 9
・班ごとに考えた速度と時間の関係をまとめて記入する．ただし，考え方が複数あってもよい．

図 9（グループ思考）

(4) 共有　班ごとの考えを発表し全体で共有する．

・グループの代表者が黒板前で発表する．図 10
・電車が鉄橋を渡る場合の速度と時間の関係で，他の班の考え方を理解し，自らの考え方と比較する．

図 10（代表者発表）

(5) 各班の発表例

（ア）発表作品の中から，反比例の考え方を利用した方法を示す．数学的な考え方として速さと時間の積が比例定数になることを用いる．その比例定数から逆に時間を求める方法を示した例を図 11 に示す．

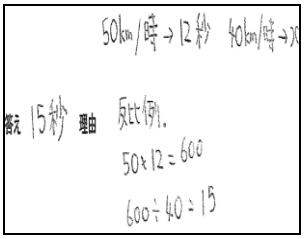


図 11（ワークシートの解答例）

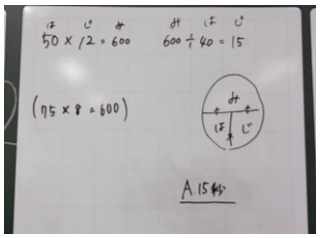


図 11（発表作品）

（イ）発表作品の中から，数学的な考え方として速さの比を求めて，時間はその逆比になることを使って答え求める方法を示した例を図 12 に示す．

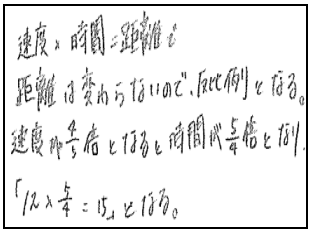


図 12（ワークシートの解答例）

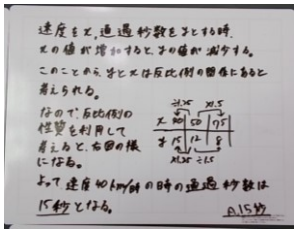
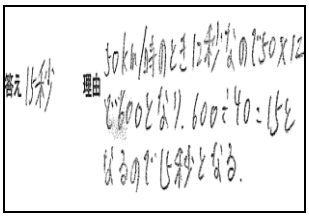


図 12（発表作品）

（ウ）発表作品の中から，関数の数学的な考え方として反比例を立式して，関数の考えを使って答えを求める方法を示した例を図 13 に示す．



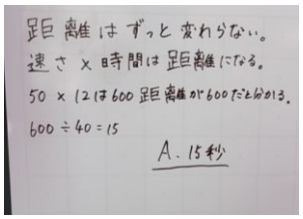


図 13（ワークシートの解答例）　図 13（発表作品）

(6)自由記述の例

自由記述式の記述例を図 14 に示す．課題解決の過程で他の班の情報を取り入れ，考え方を深めている様子が読み取れる．

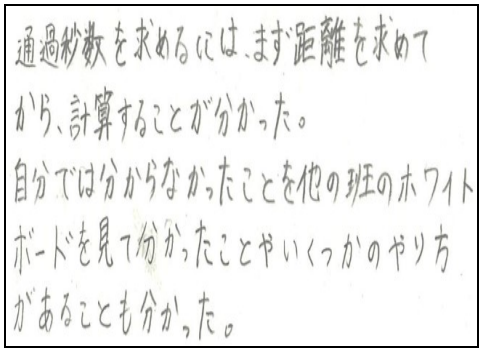
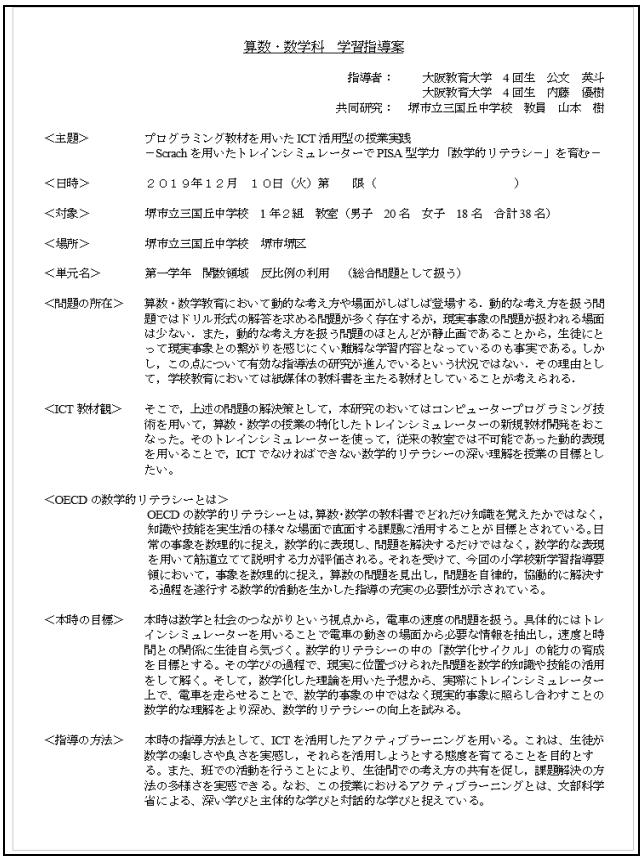


図 14（ワークシート設問⑥　記述例）

5.1.3 学習指導案



算数・数学科　学習指導案

指導者：　大阪教育大学　4 回生　公文　英斗
大阪教育大学　4 回生　内藤　優樹
共同研究：　堺市立三国丘中学校　教員　山本　樹

＜主題＞　プログラミング教材を用いた ICT 活用型の授業実践
－Scrach を用いたトレインシミュレーターで PISA 型学力「数学的リテラシー」を育む－

＜日時＞　２０１９年１２月　１０日（火）第　限（　　）

＜対象＞　堺市立三国丘中学校　1 年２組　教室（男子　20 名　女子　18 名　合計 38 名）

＜場所＞　堺市立三国丘中学校　堺市堺区

＜単元名＞　第一学年　関数領域　反比例の利用　（総合問題として扱う）

＜問題の所在＞　算数・数学教育において動的な考え方や場面がしばしば登場する．動的な考え方を扱う問題ではドリル形式の解答を求める問題が多く存在するが，現実事象の問題が扱われる場面は少ない．また，動的な考え方を扱う問題のほとんどが静止面であることから，生徒にとって現実事象との繋がりを感じにくい難解な学習内容となっているのも事実である。しかし，この点について有効な指導法の研究が進んでいるという状況ではない．その理由として，学校教育においては紙媒体の教科書を主たる教材としていることが考えられる．

＜ICT 教材観＞　そこで，上述の問題の解決策として，本研究のおいてはコンピュータープログラミング技術を用いて，算数・数学の授業の特化したトレインシミュレーターの新規教材開発をおこなった。そのトレインシミュレーターを使って，従来の教室では不可能であった動的表現を用いることで，ICT でなければできない数学的リテラシーの深い理解を授業の目標としたい。

＜OECD の数学的リテラシーとは＞
OECD の数学的リテラシーとは，算数・数学の教科書でどれだけ知識を覚えたかではなく，知識や技能を実生活の様々な場面で直面する課題に活用することが目標とされている。日常の事象を数理的に捉え，数学的に表現し、問題を解決するだけではなく，数学的な表現を用いて筋道立てて説明する力が評価される。それを受けて、今回の小学校新学習指導要領において，事象を数理的に捉え，算数の問題を見出し，問題を自律的，協働的に解決する過程を遂行する数学的活動を生かした指導の充実の必要性が示されている。

＜本時の目標＞　本時は数学と社会のつながりという視点から，電車の速度の問題を扱う。具体的にはトレインシミュレーターを用いることで電車の動きの場面から必要な情報を抽出し，速度と時間との関係に生徒自ら気づく。数学的リテラシーの中の「数学化サイクル」の能力の育成を目標とする。その学びの過程で、現実に位置づけられた問題を数学的知識や技能の活用をして解く。そして，数学化した理論を用いた予想から、実際にトレインシミュレーター上で，電車を走らせることで、数学的事象の中ではなく現実的事象に照らし合わすことの数学的な理解をより深め、数学的リテラシーの向上を試みる。

＜指導の方法＞　本時の指導方法として、ICT を活用したアクティブラーニングを用いる。これは，生徒が数学の楽しさや良さを実感し，それらを活用しようとする態度を育てることを目的とする。また、班での活動を行うことにより、生徒間での考え方の共有を促し，課題解決の方法の多様さを実感できる。なお、この授業におけるアクティブラーニングとは、文部科学省による、深い学びと主体的な学びと対話的な学びと捉えている。

図　15-1（学習指導案）

＜展開＞

学習のながれ	学習活動・予想される反応例（○）	指導上の留意点(・)手だて(→)
本時の目標　『数学的リテラシーの中の「数学化サイクル」の能力の育成を目標とする。』		
導入　課題の場面を理解し，速度 50 km/時の場合の通過秒数を知る。（課題把握）		
・課題の場面を提示する。（3 分）	○電車が鉄橋を渡る課題の場面を知る。 ○電車の通過時間を求めることが，課題であることを理解する。	→トレインシミュレーターを用いて順を追って詳細に説明する。★ICT の活用 →電車が鉄橋を通過する様子を見せる。
展開・課題１　速度 75 km/時の場合の、通過秒数を答え、理由を考える。（個別思考）		
・速度 75 km/時の場合の、通過秒数を考える。（7 分）	○算数，数学の既習事項を思い出しながら鉄橋を通過する時間（秒数）を求め考え方をワークシートに記入する。	・求めるべきものが時間であることを強調して説明する。 →考え方も書くことを示す。
展開・課題２　速度 40 km/時の場合の、通過秒数を答え、理由を考える。（グループ思考）		
・6 人程度の班に分かれて、速度 40 km/時の場合の、通過秒数を考える。（5 分） ・ホワイトボードに考えをまとめる。（5 分）	○班全員で協力して通過秒数を考えさせ、電車が鉄橋を渡る場合の速度と時間の関係にきまりを見つけ出す。 ○班ごとに考えた速度と時間の関係をまとめて記入する。ただし，考え方が複数あってもよい。	→ワークシートをお互いで見ながら、班の中で早くきまりを見つけた生徒が他の生徒に説明できる状況をつくる。★アクティブラーニング →班ごとに画用紙・ペンを配り、きまりを説明する図や式や言葉を作成するよう促す。
共有　班ごとの考えを発表し全体で共有する。		
・班の代表者が黒板前で発表する。（10 分）	○電車が鉄橋を渡る場合の速度と時間の関係で，他の班の考え方を理解し，自らの考え方と比較する。	・速度と時間の関係の表し方は１通りでなく多様であることを理解する。 ・速度と時間の関係が反比例で表現できることを理解させる。
展開・課題３　速度 100 km/時の場合の、通過秒数を答え、理由を考える。（グループ思考）		
・班で課題解決をする。（5 分）	○速度と時間の関係のきまりを見つけ、その結果、数学化された理論を用いて、速度 100km/時の場合の通過秒数を予測する。	・出てきた解を，トレインシミュレーターでシミュレーションをすることで正しいことを確かめる。★ICT の活用
展開・課題４　速度 200 km/時の場合の、通過秒数を答え、理由を考える。（グループ思考）		
・班で課題解決をする。（5 分）	○問題に適したより簡単な速度と時間の関係に気づく。	・シミュレーションをすることで正しいことを確かめる。★ICT の活用
展開・課題５　速度 300 km/時［新幹線］の場合の、通過秒数を答え、理由を考える。（全体思考）		
・速度と実生活のつながりを考える。（5 分）	○課題を解決する活動で，新幹線の速度と実生活のつながりに気づく。	・シミュレーションをすることで正しいことを確かめる。★ICT の活用
整理　本時をふりかえる。（個別整理）		
・本時の目標が達成されたことを確認する。（5 分）	・速度と時間の関係が反比例で表現できることを確認させる。 ・日常の事象を数学化したり、それをフィードバックできることを確認する。	・速度と時間の関係の表し方は１通りでなく多様であることを確認させる。 ・問題に適したより簡単な速度と時間の関係があることを確認させる。

図　15-2（学習指導案）

6. 実践授業の検証

実践授業の検証について，実践授業の評価は，授業前後の児童への質問紙によっておこなうこととした．択一式リッカート尺度 4 段階法を用いた．

評価項目に対して，統計的検定を行い結果の解析をおこなう．「事前アンケート」と「事後アンケート」の統計的検定結果からトレインシュミレーターを用いることが「数学化サイクル」の能力の育成に効果があったのか検証する．また，自由記述式アンケートを併用することとした．

6.1 事前・事後アンケートの調査項目

アンケートの調査項目を表 1 で示す．

表 1（調査項目）

1	学校の勉強は楽しいですか
2	数学の勉強は楽しいですか
3	速さの勉強は楽しいですか
4	生活と数学はつながっていると思いますか
5	生活で起こる疑問を数学で解決したことがありますか
6	数学の知識を実際の生活に使ったことがありますか

■とてもすき/思う　■すき/思う
■あまりすきではない/思わない　■まったくすきではない/思わない

※なお，6.1.2 については事前アンケートの設問を「数学の勉強は楽しいと思いますか」，事後アンケートの設問を「今日の勉強は楽しかったですか」とした．

6.1.1 事前・事後アンケートの回答結果

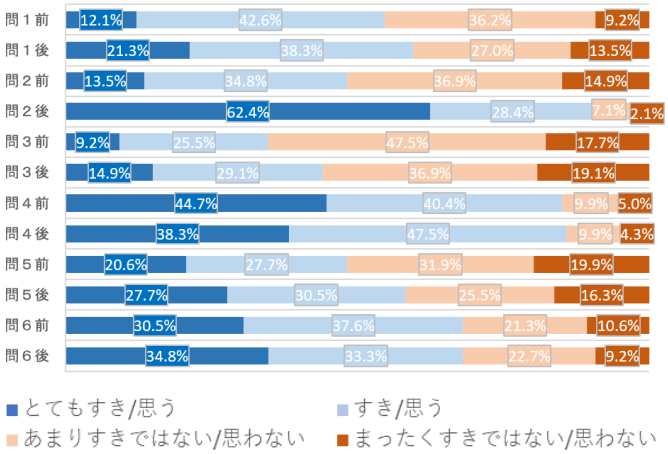


図 16（全体 141 人のアンケート回答結果）

6.1.2 事前・事後アンケートの考察

(1)「数学の勉強は楽しいですか」の考察

図 17 のように 2015 年度の TIMSS 調査[9]での国際平均値が 71%に対して，日本の平均値が 52%となっている．元来，この項目は国際的に見て，日本の数学の授業における改善点と言われてきた．今回の実践では，事前アンケートでは 48.3%と国内平均値とほぼ同じ値となった．しかし，事後アンケートでは 90.8%と国際平均と比べても大幅に上昇していることがわかる．つまり，今回の実践授業における成果の一つと言えるのではないかと思われる．

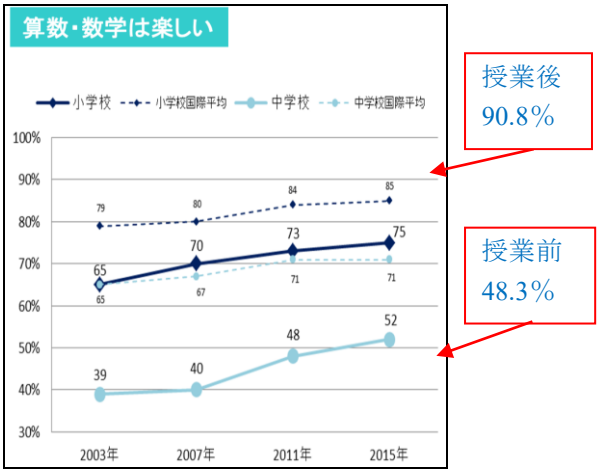


図 17（2015　TIMSS 調査結果）

(2)「生活と数学はつながっていると思いますか」の考察

図 18 のように 2015 年度の TIMSS 調査[9]での国際平均値が 84%に対して，日本の平均値が 74%となっている．元来，この項目も国際的に見て日本の数学の授業における改善点と言われてきた．今回の実践では，事前アンケートでは 85.1%と国際平均とほぼ同じ値になった．事後アンケートでも 85.8%と国際平均とほぼ同じ値となった．事前アンケートの結果から，調査した中学校においては国際平均を上回る質の高い授業をしていたことがわかる．したがって，今回の取り組みは国際平均値を上回る授業実践であることがわかる．

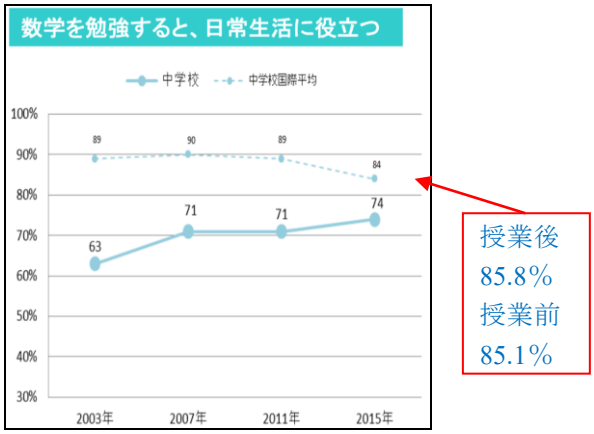


図 18（2015　TIMSS 調査結果）

6.1.3 事前・事後アンケートの統計的検定の結果

表 2（全体 n=141 の平均，標準偏差，t-検定の解析結果）

		平均	標準偏差	t	p	
問1	前	2.57	0.82	−2.812	0.002	***
	後	2.67	0.96			
問2	前	2.47	0.90	−20.760	0.000	****
	後	3.51	0.72			
問3	前	2.26	0.86	−4.187	0.000	****
	後	2.40	0.96			
問4	前	3.25	0.83	2.137	0.017	
	後	3.20	0.78			
問5	前	2.49	1.03	−6.020	0.000	****
	後	2.70	1.04			
問6	前	2.88	0.96	−2.901	0.002	***
	後	2.94	0.97			

n=141，***:p<0.005，****;p<0.001

6.1.4 統計的検定；t-検定の解析結果の分析

5 つの設問において，片側 P 値が 0.005 未満となったことで，有意差があることが示された．学校現場では 1 クラスの人数が 35 人前後であるため，標本の個数が少ないことが問題となっていた．本研究においては，4 クラスで実施したため標本の総数が 100 を超えたことで t-検定の解析結果の妥当性が向上したものと思われる．

以上の結果からアンケートの統計的分析において「トレインシミュレーター」を授業で使用する場合の OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学習効果に一定の効果があることが明らかとなった．

6.2 自由記述式アンケートの結果の評価

次に，研究目的と方法を照らし，実践授業での児童の自由記述式アンケートを項目ごとに分類し，自由記述式アンケートの結果から関連項目の評価を検証する．

6.2.1 定式化

図 19 は鉄橋を列車が渡るという現実事象を数学的問題として捉えている記述例である．

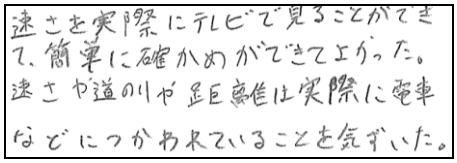


図 19（実践授業後の生徒の自己評価の記述部分）

6.2.2 数学的作業

図 20 は反比例の関係を用いて，速さの問題を解決している記述例である．

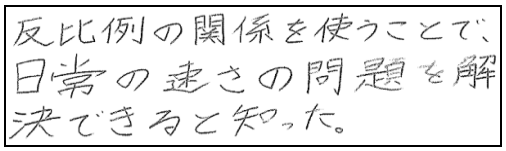


図 20（実践授業後の生徒の自己評価の記述部分）

6.2.3 解釈，評価

図 21 は得られた数学的結果をもとに，生活の中で数学の有効さに言及した記述例である．

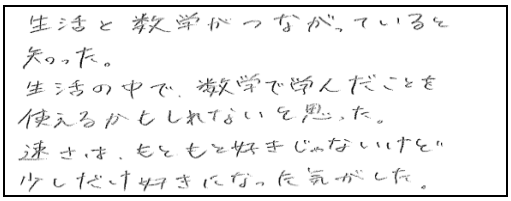


図 21（実践授業後の生徒の自己評価の記述部分）

6.2.4 より良いモデル化

図 22 は速さの問題だけではなく他の問題にも応用していく方向性を示した記述例である．

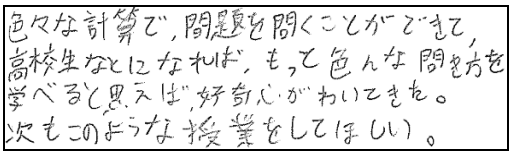


図 22（実践授業後の生徒の自己評価の記述部分）

6.2.5 自由記述式アンケートと統計的検定結果の比較

自由記述式アンケートにおいても研究方法で示した評価項目に沿った記述例が見られた．以上の結果から「トレインシミュレーター」を授業で使用する場合における OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学習効果に一定の効果があることを明らかにした．この結果は，統計的検定解析で得られた結果とほぼ同一の傾向が得られ，トレインシュミレーターを用いることが実践授業において効果が得られたことが明らかとなった．

7. まとめ

本研究は，小学校の算数と中学校の数学で共通の指導内容としての「反比例」の単元で，Scratch を用いたプログラミング創作教材の「トレインシミュレーター」の動画を用いて，OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上に取り組む独自の手法を考案することを研究目的とした．研究目的に照らして，明らかになったこと次にまとめる．

(1) OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」，とりわけ「数学化サイクル」の指標を明らかにしたこと．

(2)「トレインシミュレーター」を用いて中学校数学で実践授業をおこなった場合，アンケートの統計的分析と，自由記述式アンケートの分析の両方において，「数学的モデリング」に一定の効果があることが明らかとなった．

(3) その結果 OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」とりわけ「数学化サイクル」の学習に一定の効果があることが明らかとなった．

(4) 「数学の勉強は楽しいですか」について事前と事後アンケートの比較においては，48.3%から 90.8%に上昇した．また，事後アンケートでは TIMSS の国際平均 71%に比べ，本研究では 90.8%となった．国際平均と比べても大幅に上昇していることがわかる．よって，数学の勉強に対する情意面の変容もみられた．

以上のことから，トレインシュミレーターを活用することにより，OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学習効果に一定の効果があるという結論に至った．

なお，実践授業の検証において生徒の記述式自己評価については，文章を読み取って文字情報として掲載するのではなく，あえて写真情報として原文に対するエビデンスとしている．写真画像であるため読みにくい部分もあると推測されるが上述の経緯をご理解いただきたい．

最後に，実践研究に協力していただいた堺市立三国ヶ丘中学校の坂部弘重校長先生並びに諸先生方，1 年生の生徒の皆さんに感謝いたします．

＜参考文献＞

[1]清水美憲「OECD/PISA における数学的リテラシー評価問題の特徴」教育テスト研究センター第 6 回研究会報告書，CRET 研究会，pp1-10(2007)
[2]文部科学省，国立教育政策研究所:「PISA2015 年調査国際結果の要約」p7，OECD 生徒の学習到達度調査(2016)
[3]文部科学省，国立教育政策研究所:「PISA2015 年調査_パンフレット」p1，OECD 生徒の学習到達度調査(2016)
[4] OECD (2004), The PISA 2003 Assessment Framework (Japanese version): Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, National Institute for Educational Policy Research, Tokyo.
[5]岩田栄彦「現実的な問題を取り入れた算数科の指導に関する研究－給食の一人当たり量を調べる問題の事例分析を通して－」山形大学大学院教育実践研究科年報，pp74-81 (2014)
[6]塚原康介「ロボットの動作とグラフの関連づけを意識したモデリング調査の結果報告 ―教育版レゴ®マインドストーム®EV3 のデータロギング機能と グラフ関数電卓のトレース機能に着目して―」日本科学教育学会研究会研究報告 Vol. 31，No. 4（2016）
[7]西分貴徳「身近なものの速さを計算しようー式の計算を理解し，計算力の向上へつながることを目指してー」筑波大学付属聴覚特別支援学校紀要，第 35 巻，pp42-45
[8]文部科学省検定教科書中学校数学科用『未来へ広がる数学 2』啓林館，(2016)，p54
[9]国立教育政策研究所:「IEA 国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)，(TIMSS2015)国際数学・理科教育動向調査(TIMSS2015)のポイント」